Aus der medizinischen Klinik der Universität Bern
Direktor Prof. Dr. W. Frey

Das Verhalten des Eiweiss- und Polypeptid-Stickstoffs im Urin vor und nach sportlichen Anstrengungen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doctor medicinae
der Universität Bern

vorgelegt von

Rudolf Schwander
aus Hendschiken (Aargau)

Bern . Gedruckt bei Eicher & Roth . 1943

Aus der medizinischen Klinik der Universität Bern
Direktor Prof. Dr. W. Frey

Das Verhalten des Eiweiss- und Polypeptid-Stickstoffs im Urin vor und nach sportlichen Anstrengungen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines Doctor medicinae
der Universität Bern

vorgelegt von

Rudolf Schwander
aus Hendschiken (Aargau)

Bern . Gedruckt bei Eicher & Roth . 1943

Auf Antrag des Herrn Prof. Dr. W. Frey von der medizinischen Fakultät zum Druck als Dissertation genehmigt.

Bern, den 10. Februar 1943.

Der Dekan der medizinischen Fakultät:

Prof. Dr. A. von Muralt

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Inhaltsverzeichnis

Seite

Einleitung 5

Eigene Untersuchungen 9

1. Sportarten:
   Fussballwettspiel 9
   Cross-Country 10
   Boxen 11
   Velofahren 11
   Rudern 12
   Schwimmen 13
2. Flieger 14
3. Ergometerversuche 16
4. Klinischer Versuch 17

Diskussion 18

Zusammenfassung 21

Literaturverzeichnis 23

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546502_0084

Das Verhalten des Eiweiss- und Polypeptid-Stickstoffs im Urin vor und nach sportlichen Anstrengungen

Dissertationsarbeit von R. Schwander

Einleitung

Das Vorkommen einer sogenannten Sportalbuminurie, zuweilen begleitet von Zylindrurie und Hämaturie (Jezler, Schmid) neben einer Sportpolypeptidurie (Donaggio), ist heute eine allgemein bekannte Tatsache. Ueber die Deutung dieser beiden Erscheinungen besteht allerdings noch Unklarheit. Die einen Autoren sehen in der Sportalbuminurie die Zeichen einer Nierenschädigung, andere betrachten sie als ein Analogon zur Stauungsalbuminurie, nämlich als eine Folge einer veränderten Permeabilität der Glomeruluskapillaren.

Die Sportpolypeptidurie wird von Donaggio als die Ausscheidung eines kolloidalen Ermüdungsstoffes bezeichnet, die er mit einer von ihm entdeckten und nach ihm genannten Kolloidreaktion (Donaggio-Reaktion) misst. Die Untersuchungen von Horn zeigen aber, dass die DR im enteiweissten Blutserum auch vor sportlichen Anstrengungen positiv ausfällt und sich nachher nicht wesentlich verändert. Es kann sich somit nicht um eine Ueberschwemmung des Blutes mit solchen Ermüdungsstoffen handeln, die dann in den Urin übertreten, sondern es stellt dies offenbar nur die Folge einer veränderten Permeabilität der Nierenkapillaren dar, die schon normalerweise im Blute vorhandene Stoffe in den Urin übertreten lässt. Die Sportpolypeptidurie ist nun nach dem Ausfall der DR beurteilt eine nach jeder körperlichen Anstrengung sich einstellende Erscheinung. Sie ist somit auch dann vorhanden, wenn eine Sportalbuminurie nachgewiesen werden kann. Von der Sportalbuminurie ist dagegen eine solche Häufigkeit bisher nicht bekannt. Trotzdem

scheint uns die Annahme nahezuliegen, dass es sich bei beiden Urinveränderungen um die Folgen ein und desselben Vorganges handelt, nämlich um die Veränderung der Kapillarpermeabilität der Glomeruli. Ist diese gering, so treten nur die niedermolekularen Eiweisskörper des Blutes in den Urin über, und es entsteht die häufige Polypeptidurie. Wird die Durchlässigkeit der Kapillaren noch grösser, so laufen auch die höhermolekularen Eiweisskörper, in extremen Fällen sogar die zelligen Blutelemente heraus, und wir finden dann die Sportalbuminurie eventuell begleitet von einer Hämaturie neben der stets vorhandenen Polypeptidurie.

Diese Anschauung hat vieles für sich, ist aber noch nicht bewiesen. Sie steht in guter Uebereinstimmung mit den experimentellen Versuchen von Eppinger und seinen Schülern, wonach im ermüdeten Gewebe offenbar unter dem Einfluss des Ermüdungsstoffwechsels ebenfalls eine Permeabilitätsstörung sich einstellt, die zum Austritt einer eiweisshaltigen Flüssigkeit führt und die Entstehung eines Gewebsödems (sogenannte seröse Entzündung) zur Folge hat.

Unter diesem Gesichtswinkel liesse sich die in den Nierenkapillaren nach sportlichen Anstrengungen auftretende Permeabilitätsstörung als die Folge einer allgemein veränderten Kapillardurchlässigkeit auffassen, die sich offenbar unter der Einwirkung vasodilatierender Stoffe (Adenosin-artige Verbindungen) einstellt, und gleichzeitig mit dem bekannten Abfall des diastolischen Blutdrucks (Gukelberger) nachgewiesen werden kann.

Um aber diese Fragen bearbeiten zu können, musste vorerst einmal die methodische Seite geklärt werden. Gukelberger hat nachgewiesen, dass sich die DR für den quantitativen Nachweis der Polypeptidurie nicht eignet, weil diese Reaktion viel zu empfindlich ist gegenüber Veränderungen des Milieus (Urinkonzentration, Veränderungen des pH). Gukelberger und Abplanalp gingen deshalb dazu über, den Eiweiss- und Polypeptidstickstoff des Urins chemisch zu bestimmen. Dabei zeigte es sich, dass im normalen Urin stets eine gewisse Menge von Polypeptiden und Spuren von Eiweiss vorhanden sind. Das Verhältnis $\frac{\text{Polypeptid-N}}{\text{Eiweiss-N}}$ hielt sich meistens zwischen 10 und 20, betrug aber in Einzelfällen mehr als 20. Dies änderte sich

nun grundsätzlich bei Fällen von Stauungsniere oder Nephritis. Es kam nicht nur zu einer Vermehrung beider Fraktionen, sondern gleichzeitig zu einer Verschiebung des Verhältnisses $\frac{\text{Polypeptid-N}}{\text{Eiweiss-N}}$ zugunsten des Nenners. Der Quotient hielt sich nun nicht mehr zwischen 10 und 20, sondern sank unter 10, in extremen Fällen sogar unter 1. Die Erklärung dieser Tatsache ist in der Arbeit von Gukelberger und Abplanalp ausführlich angeführt. Wir verzichten auf die vollständige Wiedergabe der dort stehenden Erörterungen, möchten aber festhalten, dass die absoluten Eiweiss- und Polypeptidwerte eine weit geringere Bedeutung für unsere Untersuchungen haben als der Quotient $\frac{\text{Polypeptid-N}}{\text{Eiweiss-N}}$. Die absoluten Polypeptid- und Eiweisswerte sind nämlich von der Resorptionstätigkeit der Nierentubuli wesentlich abhängig. Das Verhältnis gebildet aus diesen Bestandteilen bleibt dagegen unbeeinflusst, weil die nicht resorbierbaren Eiweisskörper und Polypeptide durch die tubuläre Rückresorption von Wasser in gleichem Masse eingedickt werden.

Da die Verhältnisse bei den Nephritisfällen genau die gleichen waren wie bei den Herzpatienten, so musste auch der zugrunde liegende Vorgang der gleiche sein. Die Folgen der Stauungsniere, die erhöhten Eiweiss- und Polypeptidwerte im Urin lassen sich nur durch Permeabilitätsveränderungen in den Glomeruluskapillaren erklären. Somit muss aus der Analogie der Verhältnisse auch die gleiche Erklärung für die Nephritisalbuminurie und Polypeptidurie Gültigkeit haben. Das auslösende Moment ist nur verschieden. Bei der Stauungsniere handelt es sich um eine hämaodynamisch bedingte, bei der Nephritis um eine entzündlich verursachte Veränderung der Kapillardurchlässigkeit.

Damit war die Möglichkeit gegeben, die eingangs erwähnten sportphysiologischen Probleme anzugehen. Die vorliegenden Untersuchungen befassen sich denn auch mit dem Verhalten des Polypeptid-N und des Eiweiss-N im Urin vor und nach sportlichen Anstrengungen. Es interessierte vor allem die Frage, ob die beiden Urinfraktionen unter diesen Bedingungen dasselbe Verhalten aufweisen wie bei den Fällen mit Stauungsniere oder Nephritis, oder ob es sich um einen grundsätzlich andern Vorgang handle.

Die angewandte Methodik deckt sich mit dem von Abplanalp ausgearbeiteten Verfahren. Es handelt sich dabei einerseits um die Ausfällung der Eiweisskörper mit Trichloressigsäure, andrerseits um die Anwendung des Natriumwolframates und der Schwefelsäure zur Fällung der Eiweisskörper und der Polypeptide zugleich. Hernach werden diese Niederschläge zentrifugiert, wiederholt ausgewaschen und schliesslich kjeldahlisiert. Der Trichloressigsäureniederschlag ergibt den Eiweiss-N, der zweite Niederschlag den Polypeptid-N + den Eiweiss-N. Subtrahiert man den ersten Wert vom zweiten, so erhält man den Polypeptid-N. Aus den beiden Werten lässt sich dann der Quotient $\frac{\text{Polypeptid-N}}{\text{Eiweiss-N}}$ ohne weiteres errechnen.

Die vorliegenden Untersuchungen befassen sich mit den Verhältnissen bei den Hauptsportarten. Sowohl der Mannschaftssport wie der Einzelkampf wird gebührend berücksichtigt. Die Untersuchungen stammen von grössern sportlichen Anlässen, bei denen durchwegs schweizerische Spitzensportler vertreten waren. Den verschiedenen Organisatoren und den Verbandsleitungen gebührt für ihr Interesse und ihr Entgegenkommen unser bester Dank, ebenso dem Chefarzt für Fl- und Flab-Truppen, der die Untersuchungen bei einer Fliegerkompanie ermöglichte.

Eigene Untersuchungen

1. Sportarten

Fussballwettspiel

Mannschaft	Eiweiss-N mg%N	Polypept.-N mg%N	Q = P/E	Eiweiss-N mg%N	Polypept.-N mg%N	Q = P/E
	Vor			Nach		
1. Torwart	0,07	2,31	34	0,285	4,865	18
2. Verteidiger. . .	1,89	37,17	26	7,812	47,783	6
3. Verteidiger. . .	0,085	3,01	37	27,692	69,958	2,5
4. Halves	1,14	41,75	38	5,11	49,56	10
5. Halves	0,064	5,251	82	5,131	59,584	12
6. Halves	0,102	4,44	44	3,36	73,93	22
7. Flügel.	0,035	1,414	40	3,626	95,494	26
8. Flügel.	0,04	1,442	37	9,254	93,506	10
9. Innenstürmer .	0,105	4,075	39	17,64	33,14	2
10. Innenstürmer .	1,35	36,45	27	6,426	75,754	12
11. Innenstürmer .	0,07	3,545	50	1,33	25,33	19

Die einander entsprechenden absoluten Mengen von Eiweisskörpern und Polypeptiden lassen sich nicht miteinander vergleichen, da sie zu starken Schwankungen infolge der Beeinflussung durch die Konzentrationsarbeit der Niere unterworfen sind. Wohl ist aber ein solcher Vergleich gerechtfertigt bei den Quotienten, gebildet aus den Polypeptid- und Eiweisswerten. Dieser schwankt vor dem Spiel zwischen 26 und 82, nach dem Spiel zwischen 2 und 26.

Man kann von dieser einzelnen und einmaligen Aufstellung nicht verlangen, dass aus ihr direkt die Arbeit jedes einzelnen Spielers herausgelesen werden könne, doch ist bemerkenswert, dass gerade die sehr gut trainierten Leute wie 7, 8, 10, 11 sowie der Torwart gute Werte auch noch nach dem Spiel aufweisen. Mangelhaft vorbereitet waren die beiden Verteidiger und der Innenstürmer 9, was sich deutlich in dem starken Absinken des Quotienten nach dem Spiel zeigt. 8 als Trainer der Mannschaft und bester Mann auf dem Felde leistete eine enorme Laufarbeit, ohne deshalb unter einen Quotienten von 10 zu sinken.

	Eiweiss mg%N	Polyp. mg%N	Q = P/E	Eiweiss mg%N	Polyp. mg%N	Q = P/E
	Vor			Nach		
Kat. A, 9,5 km						
1.	2,394	6,445	2,7	20,412	27,46	1,3
2.	0,112	2,778	27	4,69	24,28	5,2
3.	0,064	1,21	19	18,56	21,35	1,2
4.	0,714	6,146	9	63,728	41,272	0,6
5.	0,054	1,05	20	6,79	13,58	2
6.	0,292	2,008	7	15,26	19,74	1,3
7.	0,168	1,47	8,7	13,846	18,76	1,3
Kat. Anfänger 4,5 km						
8.	0,49	6,39	12	9,436	14,644	1,6
9.	0,028	3,5	125	24,29	17,43	0,7
10.	0,028	1,34	48	21,56	13,08	0,6
11.	2,87	4,86	1,8	61,74	71,83	1,1

Die zum Teil sehr niedrigen Anfangsquotienten sind hier bedingt durch eine schon vor dem Lauf bestehende leichte Albuminurie, die auf die Anstrengung durch die Besichtigung der Strecke zurückzuführen sind, wo von einzelnen Läufern bereits eine gewisse Arbeit geleistet wurde.

Auffallend sind aber hier vor allem die sehr niedrigen Quotienten nach dem Lauf. Dazu ist zu sagen, dass im Vergleich zum Fussballwettspiel, wo der einzelne unter Umständen nur geringen Anstrengungen ausgesetzt ist, es hier namentlich auf den einzelnen ankommt und jeder die gleiche Strecke zu laufen hat. Die durchschnittliche Anstrengung ist hier sicher viel grösser als bei der vorigen Sportart.

Erwähnenswert ist 2, einer der besten Schweizerläufer in hervorragend trainiertem Zustand, 4 ein Kraftläufer, der sich völlig ausgegeben hatte. Der Unterschied zwischen den beiden tritt aus der Verschiedenheit der Quotienten klar hervor.

Werte von 4, 9, 10, die unter 1 gehen, sind, gerade im Vergleich zu 2, unbedingt als zu niedrig anzusehen. Dies gilt namentlich für 9 und 10, Wehrleute, die ohne die geringste Vorbereitung aus dem Militärdienst an den Lauf kamen.

Boxen

	Eiweiss mg%N	Polyp. mg%N	Q = P/E	Eiweiss mg%N	Polyp. mg%N	Q = P/E
	Vor			Nach		
3 Runden zu 3 Minuten						
1.	0,096	15,87	165	36,316	24,654	0,7
2.	0,252	11,69	44	6,986	31,444	4,5
3.	0,07	3,43	49	5,118	17,822	3,5
4.	0,084	2,03	25	2,59	2,73	1
5.	0,131	19,957	130	10,934	25,956	2,5
6.	0,64	33,94	53	35,84	36,82	1
7.	0,308	7,28	24	10,15	61,81	6

Im Vergleich zur relativ kurzen Kampfdauer könnten die niedrigen Endquotienten zuerst überraschen. Das ist aber nicht verwunderlich, wenn man bedenkt, welch enorme Bein- und Schulterarbeit in einem Kampf geleistet wird.

Von besonderer Bedeutung sind hier 6 und 7, welche gegeneinander kämpften. Dabei dominierte 7 stark, und 6 konnte sich nur mit knapper Not vor dem Niederschlag retten. 7 gab sich gar nicht aus, ganz im Gegenteil zu 6. Aehnlich verhält es sich mit 1. Der noch gute Quotient von 3 rührt daher, dass dieser den Kampf nicht beendigte, sondern schon in der 2. Runde aufgab.

Ich möchte noch einmal betonen, dass gerade bei diesen Sportleuten der Trainingszustand vorzüglich und sehr ausgeglichen war.

Velofahren

Auch hier finden sich zum Teil übernormale Anfangseiweisswerte, die bei 6 und 10 davon herrühren, dass diese Fahrer mit dem Velo zum Rennen kamen, da sie in der Nähe wohnten.

	Eiweiss mg%N	Polyp. mg%N	Q = P/E	Eiweiss mg%N	Polyp. mg%N	Q = P/E
	Vor			Nach		
Rundstreckenrennen 100 km						
1.	0,158	3,15	20	7,805	15,375	1,9
2.	0,21	7,75	37	18,613	24,427	1,3
3.	0,158	4,69	29	11,765	26,325	2,2
4.	0,336	6,41	19	13,194	12,09	0,9
5.	0,14	3,95	28	6,902	35,448	5,1
6.	0,518	8,82	17	16,92	73,17	4,3
7.	0,07	4,59	65	12,53	27,942	2,2
8.	0,056	3,79	67	14,476	11,494	0,8
10.	1,274	36,006	29	22,89	46,21	2,1

Erwähnenswert sind 5, früherer Welt- und Schweizermeister von hervorragender körperlicher Kondition, und 8, der Sieger, der sich völlig ausgegeben hatte. Bei 6 handelt es sich um einen Fahrer, der nach einem schweren Sturz im ersten Drittel des Rennens aufgeben musste. Die übrigen Werte schwanken zwischen 0,9 und 2,2, sind also nicht stark voneinander verschieden, als Zeichen gleichmässiger Beanspruchung.

Rudern

	Eiweiss mg%N	Polyp. mg%N	Q= P/E	Eiweiss mg%N	Polyp. mg%N	Q= P/E	Eiweiss mg%N	Polyp. mg%N	Q= P/E
	Vor			Nach dem 1. Rennen 2 km Ausleger			Nach dem 2. Rennen 2 km Yole-de-mer		
1. Schlagmann	0,112	2,828	26	1,4	7,0	5	35,558	36,362	1
2.	0,084	5,658	70	1,24	17,92	14	11,48	50,76	4,5
3.	0,224	4,846	22	1,26	21,2	17	25,2	38,0	1,5
4.	0,084	5,096	62	2,684	25,926	10	25,116	53,914	2,1
5. Steuermann	0,112	4,998	45	0,084	3,156	37	0,32	6,67	21

Die beiden Rennen folgten sich in einem Abstand von einer Stunde.

Abweichend zum Vorgehen bei den andern Sportarten wurde hier die Eiweiss- und Polypeptidausscheidung nach zwei aufeinander folgenden Rennen bestimmt, um deren Abhängigkeit von steigender Anstrengung zu studieren.

Dass die untersuchte Mannschaft in ausgezeichneter körperlicher Verfassung und sehr hart trainiert war, zeigt sich nach dem ersten Rennen, wo einzig der Schlagmann, was übrigens sehr begreiflich ist, einen Quotienten unter 10 aufweist. 5 ist der Steuermann, der natürlich nur geringen Anstrengungen ausgesetzt war, was in dem nur leichten Absinken des Quotienten zum Ausdruck kommt. Etwas andere Verhältnisse treffen wir nach dem zweiten Rennen an. Hier liegen die Werte von Q zwischen 1 und 4,5, sind also erst nach der doppelten Leistung mit der einmaligen der andern Sportzweige zu vergleichen. Auch hier zeigt der Schlagmann wieder den niedrigsten Wert.

Schwimmen

	Eiweiss mg%N	Polyp. mg%N	Q = P/E	Eiweiss mg%N	Polyp. mg%N	Q = P/E
	Vor			Nach		
1.	1,54	23,63	15	7,168	43,022	6
2.	0,14	20,09	143	0,938	22,792	25
3.	0,7	18,06	26	5,46	25,49	4,6
4.	9,352	41,084	4,4	13,86	65,73	4,8

Es handelt sich um ein Training von 1½ Stunden.

Die Verhältnisse sind bezüglich der bei 1, 3 und 4 recht hohen Anfangseiweisswerte ähnlich wie bei den Waldläufern, indem hier diese Leute schon vor dem eigentlichen Training beträchtliche Strecken geschwommen waren, was bei 4 so weit geht, dass der betreffende Sportler überhaupt keine wesentlichen Aenderungen des Quotienten mehr aufweist. Da es sich um das erste geleitete Training des Klubs handelte, konnten auch keine einigermassen gleich-

mässige Werte erwartet werden, wie dies am ausgesprochensten bei den Ruderern der Fall war. Auch die körperliche Bereitschaft des einzelnen liess zu wünschen übrig, so dass nach dem Training die Ermüdungserscheinungen ziemlich ausgesprochen waren. Eine Ausnahme bildete 2, einer der besten Schweizer Schwimmer, dessen Trainingslage ausgezeichnet war und der den auffallend hohen Quotienten von 25 nach der Anstrengung aufweist.

2. Flieger

	Eiweiss mg%N	Polyp. mg%N	Q = P/E	Eiweiss mg%N	Polyp. mg%N	Q = P/E
	Vor			Nach 3mal 40 Min. Tiefflugangriffen		
1. Gruppe						
1.	0,14	4,34	31	10,906	68,054	6,2
2.	17,374	92,876	5,3	18,45	95,23	5,2
3.	2,94	20,44	7,0	12,74	75,18	5,8
4.	2,24	31,92	14,5	12,698	71,792	5,7
5.	1,918	53,452	27	12,206	74,104	6,0
6.	0,07	4,01	57	1,902	17,768	9,3
2. Gruppe	Distanzflug 1½ Stunden					
7.	0,484	8,096	16	1,764	25,136	15
8.	4,746	46,68	9,9	13,784	83,486	6,1
9.	0,296	5,914	20	0,826	14,294	17
10.	0,49	7,536	19	1,442	24,898	17
11.	0,306	14,114	47	0,788	16,802	21

Die Urine wurden im Laufe einer Woche von einer Fl.-Kp. genommen.

Die erste Gruppe umfasst Flieger, welche am gleichen Tage Uebungsflüge mit Tiefflugangriffen von 3 × 40 Minuten Dauer ausführten. Die zum Teil recht hohen Eiweisswerte vor dem Flug bei 2, 3, 4 und 5 rühren von einem Lauf- und Schwimmtraining des Vorabends her.

Auffallend sind die niedrigen Quotienten nach dem Flug. Es fragt sich nun, ob diese einzig und allein durch die körperliche Anstrengung bedingt seien; die betreffenden Flieger gaben nämlich an, auch psychisch ziemlich ermüdet zu sein. Es wäre daher durchaus möglich, dass durch ein Nachlassen des Sympathicotonus ein vermehrtes Durchlaufen von Eiweiss und Polypeptiden durch die Niere zustande kommen könnte. Auch eine Steigerung der Durchblutung der Niere während den Tiefflugangriffen sowie eine der ortostatischen ähnliche Albuminurie, bedingt durch ungewöhnliche Kauerstellung, könnten eine Rolle spielen. Die Schwankungsbreite der Quotienten ist gering, zwischen 5,2 und 9,3. Auch hier gilt, dass niedrige Quotienten vor der Ermüdung wie bei 2 und 3 sich nachher weiterhin senken, doch lange nicht in dem Mass, wie es bei einigermassen normalen Werten von 1, 5 und 6 der Fall ist.

In der zweiten Gruppe hatten die betreffenden Piloten und Beobachter während einer Uebung einen Distanzflug von annähernd 1½ Stunden Dauer auszuführen. Im Gegensatz zu der obigen Aufstellung geht hier aus dem Verhalten der Quotienten vor und nach dem Flug klar hervor, dass die körperliche Belastung sicher eine geringere war; die Quotienten blieben annährernd die gleichen, unter Zunahme der absoluten Mengen von Eiweiss und Polypeptiden. In dieser Beziehung sind gerade 9, 10 und 11 von Interesse, indem es sich bei diesen um die gleichen Flieger handelt wie in der ersten Gruppe 3, 1 und 4. Bei 7, der im Anschluss an den Flug noch einen zweiten von ungefähr einer Stunde Dauer ausführte, blieb der Quotient fast genau derselbe, trotz der im Vergleich zu den andern grössern Anstrengung. Da der betreffende Flieger ein bekannter Fünfkämpfer ist und allgemein, nicht nur fliegerisch, durchtrainiert war, wird diese Tatsache kaum verwundern, wenn man ähnliche Beispiele aus den andern Sportarten vergleicht.

3. Ergometerversuche

	Eiweiss mg%N	Polyp. mg%N	Q = P/E	Eiweiss mg%N	Polyp. mg%N	Q = P/E
	Vor			Nach		
1.	0,044	14,056	410	1,75	26,46	16
2.	0,035	4,515	130	0,268	7,672	28
3.	0,049	21,666	430	0,953	35,058	38
4.	0,041	15,394	375	1,518	46,227	30
5.	0,084	4,116	50	1,12	24,48	12
6.	0,056	3,12	56	1,35	14,34	10
7.	3,752	12,18	3,3	53,0	79,31	1,5
8.	0,28	2,016	72	0,56	20,45	36
9.	0,07	5,374	77	0,644	7,536	11
10.	0,11	3,03	27	0,644	7,536	11
11.	0,07	3,57	51	0,693	7,07	10
12.	0,056	2,96	53	0,252	8,68	34
13.	0,336	4,134	12,5	43,108	77,852	1,8

Die Versuche wurden am stehenden Fahrrad unternommen. Bei einer Belastung von 3 kg hatte jeder in ¼ Stunde 5 km zu fahren.

Bei den Versuchspersonen handelt es sich um untrainierte Studenten. Die Anfangsquotienten sind zum Teil recht hoch, sie schwanken zwischen 3,3 und 430. Die Quotienten nach der Arbeit sinken bis auf zwei Ausnahmen nicht unter 10. Diese Ausnahmen verlangen eine besondere Erklärung. Bei 7 handelt es sich um einen Studenten von asthenischem Typus mit ausgesprochen geistiger Beschäftigung und zeitweilig geistiger Uebermüdung, ohne die geringste sportliche Betätigung, welcher nach dem Versuch dem Kollaps nahe war. Anamnestisch konnte bei ihm erhoben werden, dass der Arzt früher Eiweiss im Urin festgestellt hatte. Eine Permeabilitätsstörung, welche sich nach dem Versuch stark steigerte, könnte demnach nicht ausgeschlossen sein, und es ist daher kaum verwunderlich, dass der sehr niedrige Anfangsquotient nach der Leistung noch weiter absank auf einen Wert, der sich lediglich mit den Ermüdungsquotienten bei den verschiedenen Sportarten vergleichen lässt.

13 hatte eine chronische Rhinitis und Pharyngitis durchgemacht und war beim Versuch selbst erst ein paar Tage beschwerdefrei, so dass das Rekonvaleszentenstadium die hohen Werte nach der Beanspruchung erklären würde. Möglich ist, dass eine früher vorhandene ortostatische Albuminurie noch eine Rolle spielt.

4. Klinischer Versuch

Ausheilung eines Ikterus catarrhalis

	Eiweiss mg%N	Polyp. mg%N	Q = P/E	Eiweiss	Polyp.
				Tagesmengen in mg%N	
1. Best.	1,442	8,498	5,8	15,862	93,378
Nach 2 Tagen . .	0,35	6,3	18	3,5	63,0
Nach 12 Tagen . .	0,168	6,622	37	2,856	112,574

Aus der obigen Darstellung geht hervor, dass die Ausheilung sehr schön verfolgt werden konnte, wobei nach 12 Tagen bereits wieder normale Quotienten vorhanden waren. Hier zeigt sich deutlich wieder der Einfluss des Eiweissfaktors auf den Quotienten, währenddem die Polypeptidausscheidung für dessen Höhe eine nebensächliche Rolle spielt. Dieser klinische Versuch dient als Kontrolle für die vorangegangene Untersuchung. Wenn nämlich unsere Annahme stimmt, dass die Ursache für das Absinken des Quotienten $\frac{\text{Polypeptid-N}}{\text{Eiweiss-N}}$ in einer Permeabilitätserhöhung der Glomeruluskapillaren zu suchen ist, so muss sich dies gerade hier zeigen. Gallensäuren, die beim hepatischen Ikterus retiniert werden, sind bekanntlich kapillar-aktive gefässerweiternde Stoffe. Man erklärt wenigstens die bei diesen Erkrankungen stets vorhandene Hypertonie auf diese Weise. Ausserdem fällt hier die Eiweissprobe regelmässig positiv aus und verschwindet mit Abheilung des Ikterus. Das analoge Verhalten des Quotienten im oben erwähnten Beispiel beweist die Richtigkeit unserer Auffassung, und zugleich die Tatsache, dass der Quotient als quantitatives Mass einer Permeabilitätsstörung bewertet werden kann.

Diskussion

Das Auftreten einer Sportalbuminurie, wie sie von Jezler und Schmid beschrieben wurde, und die vermehrte Ausscheidung von Polypeptiden, die bei der Donaggio-Reaktion eine Rolle spielen, ist schon längere Zeit bekannt und wurde als Zeichen einer organischen Nierenschädigung aufgefasst. Die Untersuchungen von Horn über die Donaggio-Reaktion im enteiweissten Blut, die Untersuchungen von Gukelberger und Abplanalp über die Eiweiss- und Polypeptidausscheidung im normalen Urin und im Urin bei Stauungserscheinungen und Hypertonie sowie die eigenen Untersuchungen nach sportlichen Anstrengungen zeigen aber, dass eine Störung in der Durchlässigkeit der Nierenkapillaren vorliegen muss. Ein brauchbares Mass dafür bildet die Aufstellung eines Quotienten $\frac{\text{Polypeptid-N}}{\text{Eiweiss-N}}$ wie er von Gukelberger und Abplanalp in ihren Untersuchungen verwendet wurde. Er gibt ein besseres Bild von der relativen Eiweiss- und Polypeptiddurchlässigkeit der Glomeruluskapillaren als die durch die Konzentrationsarbeit der Niere beeinflussten absoluten Werte.

Die Quotienten im normalen und pathologisch veränderten Urin zeigen einen deutlichen Unterschied. Im normalen Urin liegen die Werte alle über 10, im Stauungsharn immer unter diesem Wert, da es zu einer viel stärkern Zunahme der Eiweissausscheidung als derjenigen der Polypeptide kommt.

Als Mass nach sportlichen Anstrengungen hat sich der Quotient auch in den eigenen Untersuchungen bewährt. Dabei liegen die Werte des Quotienten vor der Arbeit immer über 10, wenn nicht schon vor der Entnahme des Urins eine gewisse Anstrengung vorausgegangen war. Man denke dabei an das Fahren zum Start bei den Radrennen, an das Anlaufen bei Waldläufern, an das Vortraining bei Schwimmern oder an das etwas länger zurückliegende Konditionstraining bei den Fliegern.

Die oft starke Verschiedenheit der Quotienten vor der Anstrengung gleicht sich aber nachher weitgehend aus; die Quotienten sinken unter 10, ja sogar unter 1, vor allem bei den Waldläufern, zum Teil auch bei den Velofahrern und Boxern. In diesen Fällen

handelt es sich aber fast immer um Leute mit mangelhaftem oder gar keinem Training, in seltenen Fällen wie 4 im Cross-Country um sehr starke Ermüdungserscheinungen. Ausnahmen, wo der Quotient nach der Anstrengung nicht unter 10 sinkt, treffen wir an bei den Fussballern und den Ruderern. Jene, weil sie zum Teil nur eine geringe Laufarbeit leisten mussten, diese, weil sie in ganz ausgezeichneter körperlicher Verfassung waren. Ebenfalls haben die Untersuchungen an den Ruderern gezeigt, dass der Quotient nicht plötzlich auf eine niedrige Stufe sinkt und dort bleibt, sondern dass er nach und nach abfällt mit steigender Anstrengung.

Wie aus den Egometerversuchen hervorgeht, bedingen Rekonvaleszenz und geistige Ermüdung ungewöhnlich niedrige Werte nach einer geringen Anstrengung (7 und 8 bei den entsprechenden Versuchen). Natürlich kann man nicht verlangen, dass der Quotient ein genaues Mass für jede Anstrengung bilde, dass aus ihm die Leistung jedes einzelnen Sportlers direkt abgelesen werden könne; doch bedingt gerade die Aufgabe eines Kampfes oder eines Rennens (3 bei den Boxern, 6 bei den Velofahrern) einen im Vergleich zu den andern höhern Quotienten. Die Untersuchungen bei den verschiedenen Sportarten, bei den Fliegern, am Ergometer und auch der klinische Versuch, wo das Ansteigen des Quotienten bei einem Ikterus catarrhalis mit dem Heilungsverlauf parallel geht, rechtfertigen demnach genügend die Aufstellung dieses Quotienten. Die Untersuchungen zeigen auch, dass er ein biologisches Geschehen, das Ausmass des Durchtretens von nieder- und hochmolekularen Eiweisskörpern durch die Niere, eindrücklich veranschaulicht.

In der Frage: Trainiert oder untrainiert? ist das Verhalten des Quotienten oft aufschlussreich. Ein paar Zahlen mögen dies illustrieren:

	$Q = \frac{\text{Polypeptid-N}}{\text{Eiweiss-N}}$		Untrainiert Q	
	Trainiert			
	Vor	Nach	Vor	Nach
Fussball. . .	34	18	37	2,5
Cross-Country	27	5,2	48	0,6
Velorennen .	28	5,1	19	0,9
Schwimmen .	143	25	26	4,6

Das eindrücklichste Beispiel von Trainiertsein bilden die Ruderer, und entsprechend völliges Untrainiertsein finden wir im Cross-Country bei den Anfängern (siehe die entsprechenden Aufstellungen).

Der erhaltene Quotient stellt aber keineswegs einen Ermüdungstest dar. Ein Absinken der Werte ist nicht nur beim Untrainierten, sondern auch beim Trainierten vorhanden, nur in quantitativ verschiedenem Mass, abhängig vom Grade des Trainiertseins und von der Grösse der Anstrengung.

Die Methodik könnte sicher so vereinfacht werden, dass sie auch auf dem Sportplatz Verwendung fände und würde als Ergänzung von andern sportärztlichen Untersuchungen wie Blutdruck- und Vitalkapazitätsmessungen gute Dienste leisten, da sich, wie wir oben gesehen haben, gerade beim ausgesprochen Trainierten und Untrainierten deutliche Unterschiede zeigen. Auch sogenannte Kraftsportler wie 4 bei den Waldläufern, 8 bei den Velofahrern und Leute mit Kollapsneigung wie 7 bei den Ergometerversuchen, die nach geringen Anstrengungen sehr starke Ermüdungserscheinungen zeigen, werden von der Reaktion erfasst.

Ueber die Pathogenese können nur Vermutungen geäussert werden. Möglich ist, dass gefässerweiternde Ermüdungsstoffe eine Rolle spielen. Auch Störungen des Mineralhaushaltes könnten in Frage kommen. Auch ist bekannt, dass beim Untrainierten eine stärkere Anhäufung und ein langsameres Fortschaffen von sogenannten Ermüdungsstoffen (z. B. Milchsäure) als beim Trainierten eintritt, da die Leber des Untrainierten die Beseitigung derartiger Stoffe weniger rasch ausführt.

Zusammenfassung

Da sich die Donaggio-Reaktion für die quantitative Erfassung der Ermüdung nach sportlichen Anstrengungen nicht eignet, wie dies aus den Untersuchungen von Gukelberger hervorgeht, wurde nach der von Gukelberger und Abplanalp angegebenen Methodik die Eiweiss- und Polypeptidausscheidung im Urin nach sportlichen Leistungen untersucht. Dabei verglich man nicht die absoluten ausgeschiedenen Mengen, welche starken Schwankungen infolge der Konzentrations- bzw. Rückresorptionsarbeit der Niere unterworfen sind, sondern benützte den Quotienten $\frac{\text{Polypeptid-N}}{\text{Eiweiss-N}}$. Die erhaltenen Resultate zeigen folgendes:

1. Wie bei kardialer Insuffizienz, Hypertonie und Nephritis, so tritt auch nach sportlichen Anstrengungen ein starkes Absinken des Quotienten $\frac{\text{Polypeptid-N}}{\text{Eiweiss-N}}$ auf, was darauf zurückzuführen ist, dass mit zunehmender Durchlässigkeit der Nierenkapillaren die Albuminurie stärker hervortritt. Die Erklärung für dieses Verhalten ist in der Arbeit von Gukelberger und Abplanalp klar dargelegt worden.
2. Die eigenen Untersuchungen wurden vorgenommen bei Fussballern, Waldläufern, Boxern, Velofahrern, Schwimmern, Ruderern, Fliegern, und als Ergänzung dienten Ergometerversuche und ein klinischer Versuch.
3. Die Werte vor der Ermüdung lagen dabei fast durchwegs über, nach der Ermüdung unter 10, ja oft sogar unter 1. Am niedrigsten wurden sie bei Waldläufern, Velofahrern und Boxern gefunden. Nur in seltenen Fällen sind aber Quotienten unter 1 auf sehr grosse Anstrengungen zurückzuführen; es handelt sich dabei gewöhnlich um schlecht trainierte Leute.
4. Ein grosser Teil der untersuchten Sportsleute war sehr gut trainiert; der Unterschied zum Untrainierten ist nur quantitativ, nicht qualitativ, indem Trainierte bei gleicher Anstrengung ein weit geringeres Absinken des Quotienten zeigen.

5. Das vermehrte Auftreten der untersuchten Stoffe nach sportlichen Anstrengungen beruht auf einer Störung der Kapillarpermeabilität der Niere und nicht auf dem Auftreten von spezifischen Ermüdungsstoffen, indem die schon normalerweise im Blut vorhandenen Eiweiss- und Polypeptidmengen in vermehrtem Masse abfliessen. Horn hat in seiner Arbeit schon darauf hingewiesen; die Untersuchungen von Gukelberger und Abplanalp und die eigenen Versuche sprechen ebenfalls stark für diese Annahme.
6. Eine befriedigende pathogenetische Erklärung der veränderten Permeabilität der Nierenkapillaren kann bis heute noch nicht gegeben werden. Sie ist der Ausdruck einer allgemein gestörten Permeabilität der Kapillaren, wie dies von Eppinger im Tierversuch am Muskel und an der Haut nachgewiesen wurde. Ob daneben noch vasodilatatorisch wirkende Stoffe eine Rolle spielen, bleibe dahingestellt.
7. In der jetzigen Form ist die Methode für die Verwendung auf dem Sportplatz nicht geeignet. Eine Vereinfachung liegt aber ganz im Bereiche der Möglichkeit und könnte die bisherigen sportärztlichen Untersuchungen sinnreich ergänzen.

Literaturverzeichnis

Donaggio A., Ein Test der Ermüdung; Methode und Resultate. II. Internationaler Sportärztekongress 1936.

Eppinger E., Die serösen Entzündungen, Julius Springer, 1935.

Gukelberger und *Abplanalp*, Der Nachweis geringer Eiweiss- und Polypeptidmengen im Urin und seine Bedeutung für die Durchlässigkeit der Nierenkapillaren. Deutsches Archiv klin. Medizin 187. 392 (1941).

Gukelberger M., Handelt es sich bei der Donaggio-Reaktion um einen quantitativen Ermüdungstest? Zeitschrift exp. Medizin 108. 134 (1940).

Horn B., Ueber die Verwendbarkeit der Donaggio-Reaktion im Blutserum und ihre Eignung zum Nachweis feiner kolloidaler Veränderungen. Dissertation 1939.

Jezler A., Die Donaggio-Reaktion, ein brauchbares sportärztliches Untersuchungsmittel. Klin. Wochenschrift 1938 II, 1245. — Die Hemmungsreaktion von Donaggio. Ihre Bewertung als Diagnosticum für Klinik und sportärztlichen Dienst. Helvetica med. Acta 4, 275 (1937). — Die Donaggio-Reaktion im Dienste der Sportmedizin. Sportärztlicher Zentralkurs Bern 1937, 77.

Schmid L., Veränderungen im Harn nach sportlicher Anstrengung. Analele Educatiei fizice VIII, Nr. 3, 1 (1939).